

第5回雲南懇話会 発表要旨

「ブータン・ヒマラヤにおける氷河縮小と氷河湖拡大」

広島工業大学 環境学部 地球環境学科

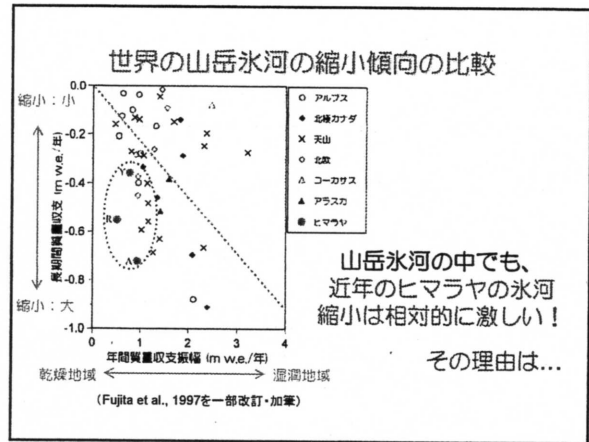
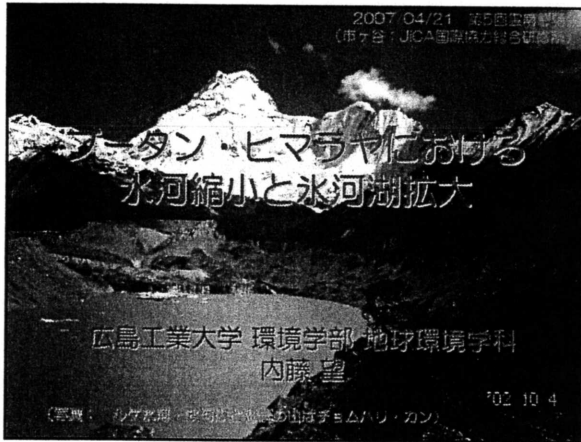
内藤 望

1998～2004年に実施されたブータン・ヒマラヤの氷河・氷河湖調査による研究成果について、その概要を紹介する。

近年、ヒマラヤの氷河縮小が顕著であるが、中でもブータンにおける氷河の縮小・後退は特に急速である。これはヒマラヤ地域の中でも特に夏期の降水が多いことが原因であろう。つまりヒマラヤの氷河特性である「夏雪型」氷河は温暖化に対して敏感に縮小するが、この特性がブータンでは際だっているためだと考えられる。

そして大型のデブリ氷河が縮小する際に形成される氷河湖の拡大が、その決壊洪水の危険性故に注目されている。隣接しながらも氷河湖の有無では対照的な二氷河に対する観測結果から、氷河湖拡大と上流部の氷河縮小（表面低下）との間に正のフィードバック機構が存在することを示唆した。また活発な Calving によって急速に拡大している氷河湖に対し、ほぼ安定といえる氷河湖も併存している。人工衛星画像を用いた広域的な氷河湖拡大速度の定量評価と、それを踏まえた氷河湖危険度評価の再検討が急務である。

ブータン・ヒマラヤにおける氷河縮小と氷河湖拡大



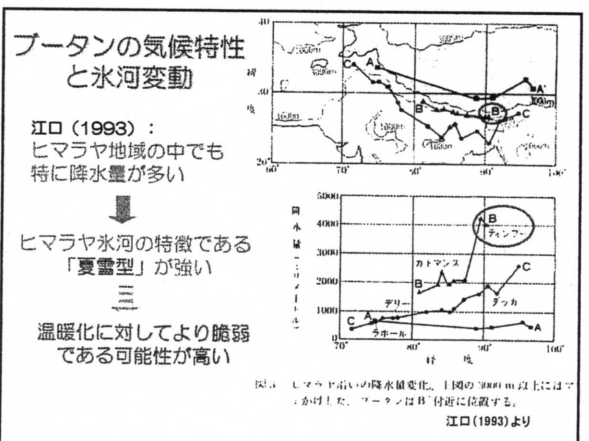
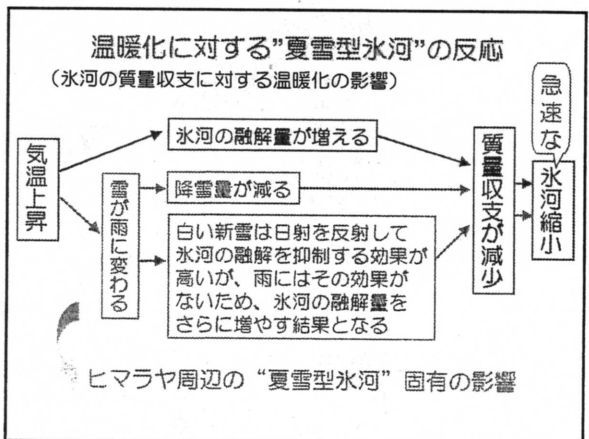
ヒマラヤの氷河の特徴 (その1)

ヒマラヤでは、主に夏に雪が降る!

- ヒマラヤ周辺の気候
 - 冬: 気温は低いが、“乾季”のため降水量は少ない。
 - 夏: “雨季”にあたり一年間の降水量の大半が夏に集中。氷河が存在する高所では、夏でも寒く、雪が降る!

↓

こういう“夏雪型氷河”の場合には、“冬雪型氷河”よりも、温暖化に対する反応が敏感



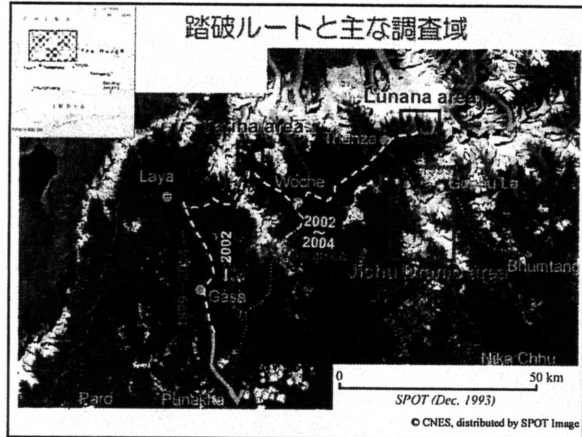
ブータンの氷河・氷河湖に関する前史・経緯 (あくまで個人的な背景紹介として)

<前史>

1963~77年 スイスの地質学者：A. Gansser, 5回にわたるブータン全土の地質・氷河調査
 → "Geology of the Bhutan Himalaya" 及び "多量の論文発表"
 1968年 上田世嘉氏、登山交渉のため短期間ブータン入国。故西岡京治氏にも面会
 1982年 坂内 隆、森原武夫氏「ブータン横断紀行」等を通じてブータンに関心を持ち始める
 1983~85年 京大山岳部がブータン・ヒマラヤ踏査隊 (B3)、カンカー・フンスム峰踏査隊 (B4)、マサ・コン峰登山隊 (B5) を派遣。月原敏博氏、横山宏太郎氏より多数の氷河写真を提供
 1996年 インド、ブータン地質調査所共同によるルナナ氷河湖群の予察調査

<経緯>

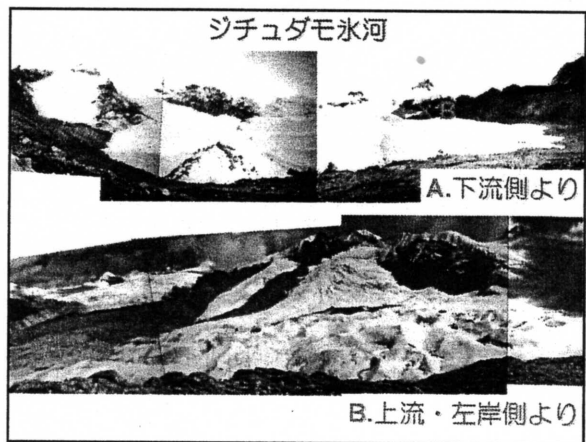
1994年10月 ルゲ氷河湖の決壊洪水が発生。21名が犠牲に。
 1995年 インド、ブータン地質調査所共同によるルナナ氷河湖群の調査
 ★ 日本ブータン共同氷河・氷河湖調査
 ・1997年 上田、単身ブータンに赴き、日本ブータン共同調査の交渉 →翌年から実施
 1998年 調査隊 (上田、高田、内藤、坂井、奈良岡、Karma)
 1999年 調査隊 (内藤、西川)
 2002年 調査隊 (山田、幸丸、内藤、鈴木、Karma他8名) + (高田、小森、Gurung)
 2003年 調査隊 (上田、幸丸、松田、鈴木、Karma)
 2004年 調査隊 (藤田、高田、鈴木、Karma)
 これまで延べ6隊の調査を実施。
 なお同時期にオーストリア地質グループによる調査も実施されている。



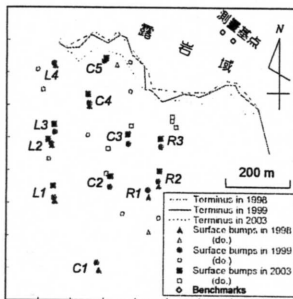
小型氷河変動の調査域 (ジチュダモ氷河周辺)

- : 踏破ルート
- ▲: キャンプ・サイト
- =: 主な峠

- ①, ②: 測量した氷河
- ③~⑤: 写真比較より1984年以降の後退の様子が見える氷河



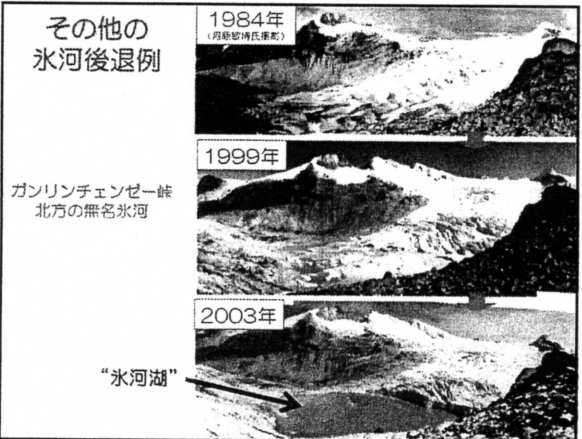
ジチュダモ氷河の測量結果 (変動量観測)

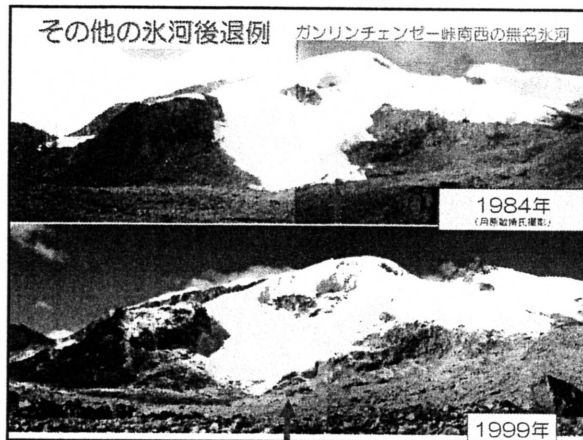


Naïto et al. (2006)

- > 氷河の末端位置は、約8 m/年の速さで後退。
- > 氷河表面レベルは、2~3 m/年の速さで低下。
↑
ネパール・ヒマラヤでの観測例と比較して、かなり速い部類に属する。

その他の氷河後退例

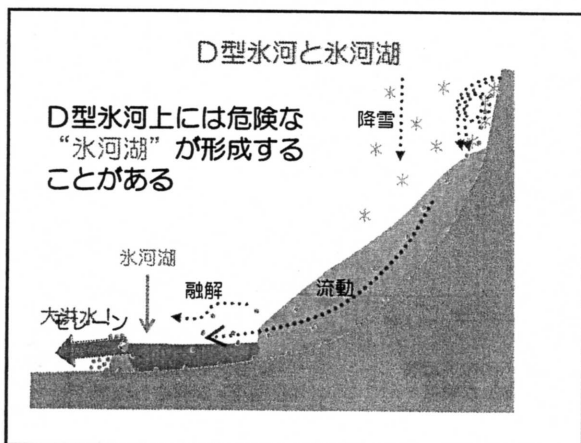
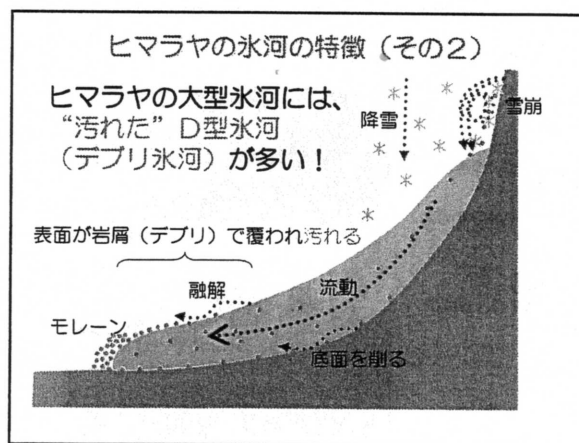




小型氷河の末端後退に関する研究

Karma et al. (2003)
ブータンの氷河末端後退の平均速度: 6.3 m/年
(1963~1993年、対象氷河数103個)

Asahi (1999)
ネパール東部の氷河末端後退の平均速度: 3.1 m/年
(1959~1992年、対象氷河数100個)



氷河湖決壊洪水の危険度評価

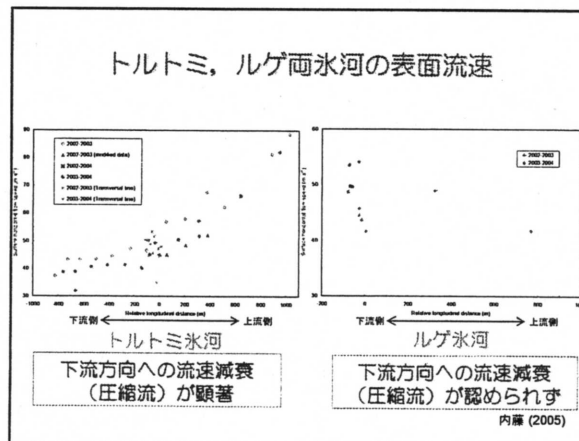
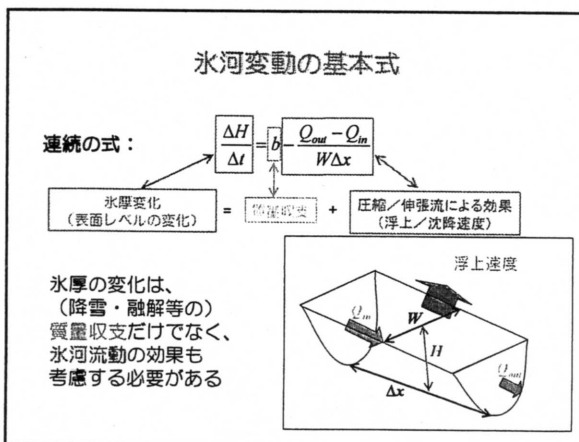
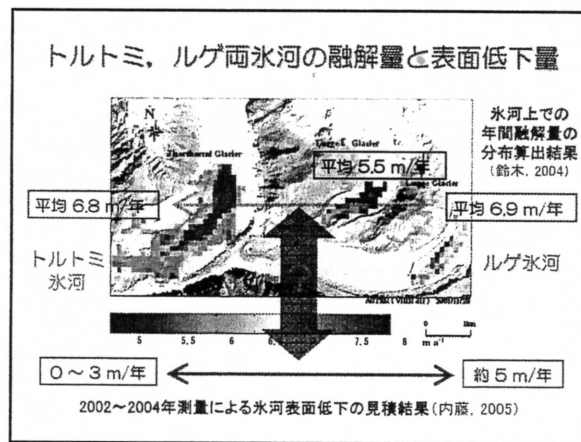
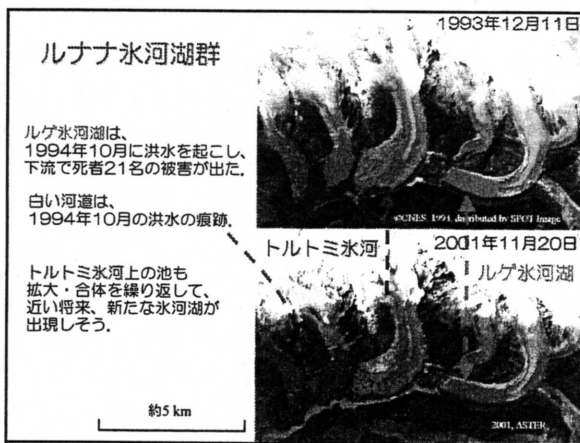
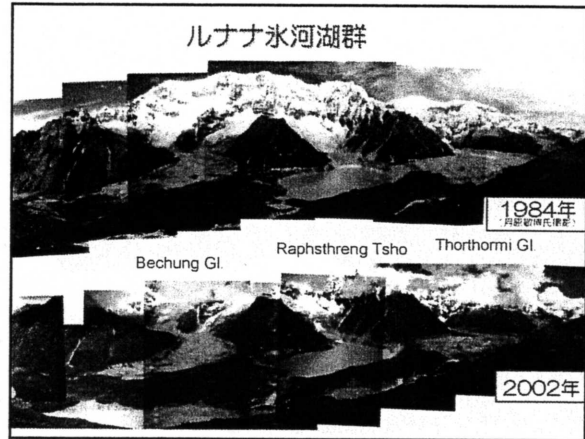
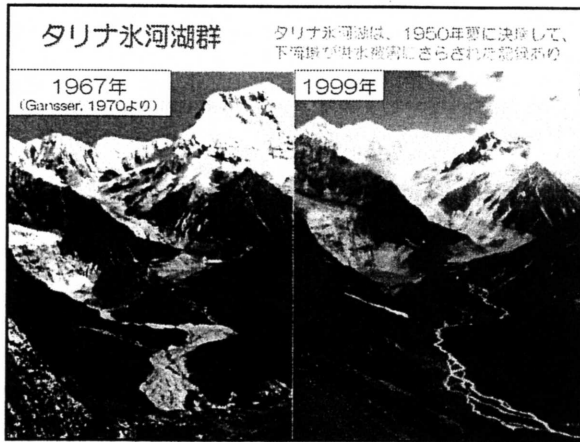
1998年調査では、ブータン北西部~北部の長大なスノーマン・トレックを踏破し、合計30箇の氷河湖の状態を観察して決壊洪水の危険度について評価した。

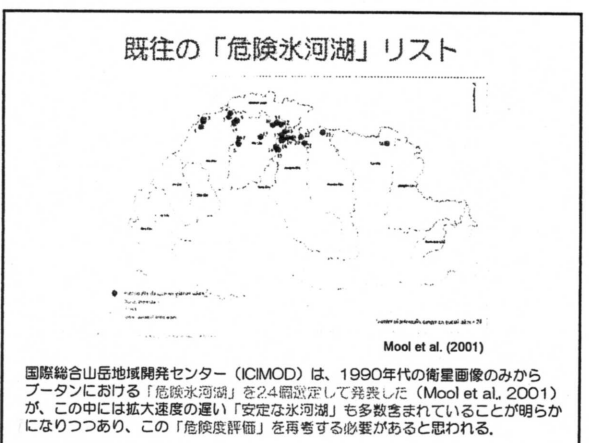
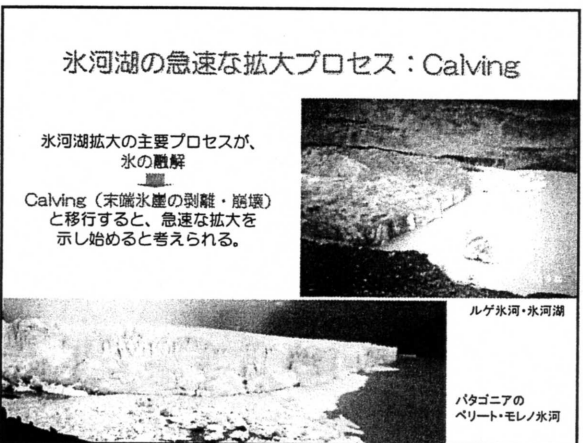
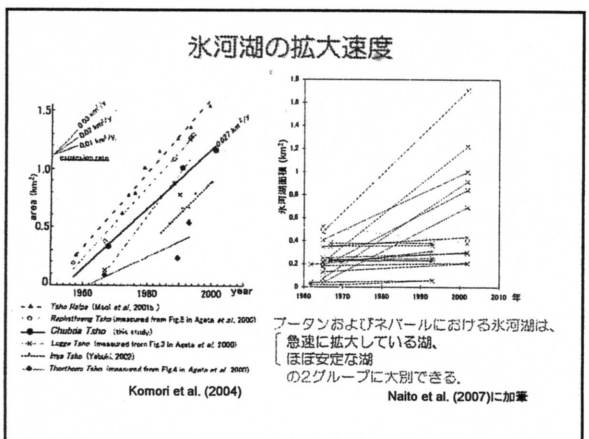
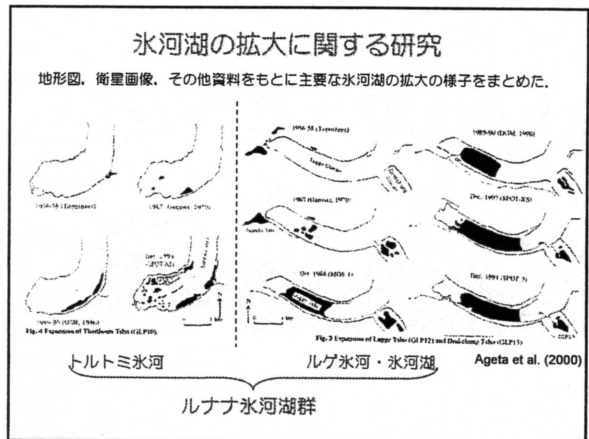
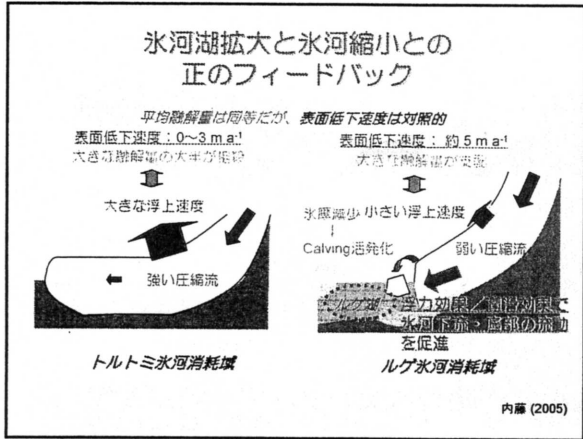
タリナ氷河群

ルプ子氷河湖群

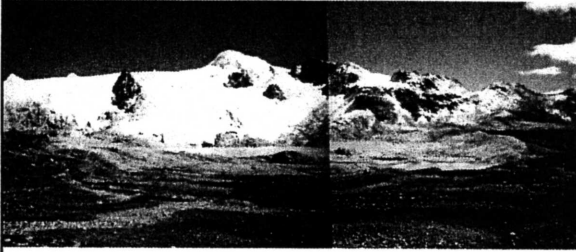
Glacier number	Name of glacier (lake)	Volume of snowmelt (mm)	Degree of danger (probability of breach)
14-01	Fake Lake	Medium probability	Low danger
14-02	Chang Lake	Low probability	Low danger
14-03	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-04	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-05	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-06	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-07	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-08	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-09	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-10	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-11	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-12	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-13	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-14	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-15	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-16	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-17	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-18	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-19	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-20	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-21	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-22	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-23	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-24	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-25	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-26	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-27	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-28	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-29	Sho Lake	Low probability	Low danger
14-30	Sho Lake	Low probability	Low danger

Iwata et al. (2002)





危険度評価の分かれる氷河湖の例



No.14氷河湖 (1999年10月撮影)

まとめ

- ▶ ブータンは、ヒマラヤの中でも特に夏期の降水が多い。
- ▶ そのためブータンの氷河湖は、ネパールよりも高緯度
- ▶ 地域のアラピ水河の氷湖に比べて氷河湖拡大と氷融決水の危険度
- ▶ 氷河湖拡大と氷河縮退との正のフィードバック
- ▶ 氷河湖拡大にとって、Calving機構の研究が重要
- ▶ 衛星画像解析による氷河湖拡大速度の定量評価を含めた
- ▶ 氷河湖の危険度評価の再検討・認識が必要

写真：ブナカ・ソン（モル）、氷川谷流域、1924年の氷河湖決壊洪水の被災地

引用文献

- ◆ Ageta, Y., S. Iwata, H. Yabuki, N. Naito, A. Sakai, C. Narana and Karma (2000): Expansion of glacier lakes in recent decades in the Bhutan Himalayas. *Debris-Covered Glaciers*, IAHS Publ. no. 264, 165-175.
- ◆ Asahi, K. (1999): Data on inventoried glaciers and its distribution in the eastern part of Nepal Himalaya. *CREH Data Report 2*, Institute for Hydrospheric-Atmospheric Sciences, Nagoya University and Department of Hydrology and Meteorology, HMG of Nepal, 1-76.
- ◆ 江口 豊 (1993): ブータンの気候と乾燥谷. 地理, 38(10), 45-49.
- ◆ Fujita, K., M. Nakawo, Y. Fujii and P. Paudyal (1997): Changes in glaciers in Hidden Valley, Mukut Himal, Nepal Himalayas, from 1974 to 1994. *Journal of Glaciology*, 42, 583-588.
- ◆ Gansser, A. (1970): Lunana: the peaks, glaciers and lakes of northern Bhutan. *The Mountain World 1968/69*, 117-131.
- ◆ Gansser, A. (1983): *Geology of the Bhutan Himalaya*. Birkhauser Verlag, 181pp.
- ◆ Iwata, S., Y. Ageta, N. Naito, A. Sakai, C. Narana and Karma (2002): Glacial lakes and their outburst flood assessment in the Bhutan Himalaya. *Global Environmental Research*, 6 (1), 3-17.
- ◆ Karma, Y. Ageta, N. Naito, S. Iwata and H. Yabuki (2003): Glacier distribution in the Himalayas and glacier shrinkage from 1963 to 1993 in the Bhutan Himalayas. *Bulletin of Glaciological Research*, 20, 29-40.
- ◆ Kumori, J., D. R. Gurung, S. Iwata and H. Yabuki (2004): Variation and lake expansion of Chubda Glacier, Bhutan Himalayas, during the last 35 years. *Bulletin of Glaciological Research*, 21, 49-55.
- ◆ 桑原武夫編 (1978): ブータン領南紀行. 講談社, 261pp.
- ◆ Mool, P. K., D. Wangda, S. R. Bajorcharya, K. Kunzang, D. R. Gurung and S.P. Joshi (2001): *Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods: Monitoring and Early Warning Systems in the Hindu Kush-Himalayan Region: Bhutan*. ICIMOD, Kathmandu, 227pp.
- ◆ 内藤 望 (2005): ブータン・ヒマラヤ・トルトミ、ルゲ両氷河の変動について—2004年測量による結果—。2004年度共同研究会報告書「アジア各地における氷河変動の比較研究」、北海道大学低温科学研究所, 69-73.
- ◆ Naito, N., Y. Ageta, S. Iwata, Y. Matsuda, R. Suzuki, Karma and H. Yabuki (2006): Glacier shrinkages and climate conditions around Jichu Dramo Glacier in the Bhutan Himalayas from 1998 to 2003. *Bulletin of Glaciological Research*, 23, 51-61.
- ◆ Naito, N., T. Furuta, K. Shimada, Y. Shirai, H. Yabuki and Y. Ageta (2007): Expansion rates of eleven moraine-dammed glacial lakes in northwestern part of Bhutan, derived from satellite images. *Proceedings of 1st Asia CIG Symposium: The state and fate of Asian Cryosphere*, Yokohama Institute for Earth Science, JAMSTEC, 111-112.
- ◆ 鈴木英平 (2004): ブータン・ルナナ地方における氷河融解量の推定. 名古屋大学環境学研究所修士論文, 57pp.

おわり

ご清聴有り難うございました



カンパニー・ブナカ・ソン 1999